

BS

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-097197

(43)Date of publication of application : 30.03.1992

(51)Int.Cl.

G10H 5/00

G10H 1/00

(21)Application number : 02-210231

(71)Applicant : YAMAHA CORP

(22)Date of filing : 10.08.1990

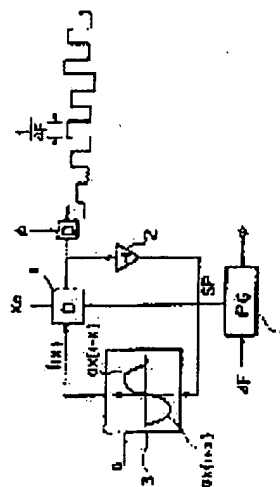
(72)Inventor : KUNIMOTO TOSHIFUMI

## (54) MUSICAL SOUND SYNTHESIZER

(57)Abstract:

PURPOSE: To reproduce behavior like chaos and generate a desired musical sound by providing a waveform generator which outputs a series generated by a constant dynamical system as a waveform data sequence.

CONSTITUTION: The device is equipped with the waveform generator 3 which outputs the series generated by the dynamical system  $x_{n+1}=f(x_n)$  (where  $n=0,1,2,3,\dots$ ) as the waveform data sequence. Namely, a delay circuit 1 delays an input signal (x) by the cycle of a driving clock SP and outputs the signal and a chaos arithmetic circuit 3 is a computing element which performs arithmetic based upon a specific mathematical expression (dynamical system) and uses the positive half of a secondary function represented by the expression as a folded even function. Thus, the even function is used and then a series of chaos has a plus and a minus value at intervals of a half cycle. Consequently, a musical sound which behaves like chaos corresponding to various chaos can be synthesized by the simple configuration with good reproducibility.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

## ⑫ 公開特許公報(A) 平4-97197

⑤ Int. Cl.<sup>5</sup>G 10 H 5/00  
1/00

識別記号

庁内整理番号

A

7829-5H  
7350-5H

④ 公開 平成4年(1992)3月30日

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全6頁)

④ 発明の名称 楽音合成装置

② 特 願 平2-210231

② 出 願 平2(1990)8月10日

⑦ 発 明 者 国 本 利 文 静岡県浜松市中沢町10番1号 ヤマハ株式会社内  
 ⑦ 出 願 人 ヤマハ株式会社 静岡県浜松市中沢町10番1号  
 ④ 代 理 人 弁理士 伊東 哲也 外1名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

楽音合成装置

## 2. 特許請求の範囲

## (1) ダイナミカルシステム

$$x_{n+1} = f(x_n)$$

但し、 $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ 

で発生する数列を波形データ列として出力する波形発生器を具備することを特徴とする楽音合成装置。

(2) 前記波形発生器で発生される波形データ列によって楽音を変調する請求項1の楽音合成装置。

(3) 前記波形発生器が、発生すべき楽音のピッチに比例する周りで前記数列を演算し楽音波形データ列そのものとして出力する請求項1の楽音合成装置。

(4) 前記波形発生器からの前記数列出力が演算パラメータとして与えられるFM音源からなる請求項1の楽音合成装置。

## 3. 発明の詳細な説明

## 〔産業上の利用分野〕

この発明は、電子楽器の音源として用いられる楽音合成装置に関し、特に、従来の楽音合成装置では構成を複雑にすることなしには合成が不可能ないしは困難であったような楽音を簡単な構成で合成することが可能な楽音合成装置に関する。

## 〔従来技術〕

従来、電子楽器の音源として、FM音源やメモリア音源(AWM)や物理モデル音源等が知られている。

しかしながら、FM音源においては、例えばクラリネットが過剰な圧力で吹かれた時のような不安定な振幅の挙動を示す楽音や、振幅が不規則に揺らぐ楽音等を合成した例はない。また、メモリ

音源は、楽音の半周期ないし複数周期分のPCMデータを記憶するものであるから、データ列で表わされるものであればどのような楽音でも合成することができる。しかし、楽音の種類が多くなればそれだけメモリ容量を増加しなければならず、構成が複雑になるという不都合がある。

一方、物理モデル音源の多くでは様々に制御パラメータを変化させるうちに楽音が非常に複雑なカオス的な振舞いを示すことがある。実際クラリネットなど一部のモデルでは系がカオスの振舞いを示す条件が整っていることが定性的に説明されている(Magana, Gausso: "Bifurcation, period doublings and chaos in clarinet like systems", Europhysics Letters, 1(8), PP.295-302, 1986)。

しかし、このようなカオスの振舞いを確実に再現して所望の楽音を発生させることは行なわれていない。

して用いる場合、前記波形発生器は、発生すべき楽音のピッチに比例する周期で前記数列を演算し出力する。

#### [作用]

次式

$$x_{n+1} = f(x_n) \quad \dots (1)$$

$$(n = 0, 1, 2, 3, \dots)$$

$$f(x) = ax(1-x) \quad \dots (2)$$

で表わされる非常に簡単なダイナミカルシステム(非線形項を有する漸化式)は、カオスを発生するものとして非常にポピュラーな式である。

ここで、 $a$ は任意の定数であるが、カオスを発生するには3よりも大きく4よりわずかに小さい数とする。また、4に近いほど複雑なカオスの性質を示す数列を発生する。また初期値 $x_0$ を最初に与えなければならないが、この値は正の微小な値に一般的には選ばれる。

第1図は、カオスの発生する様子を図形上で追ってみたグラフである。グラフ中の曲線は $a$ の値

[発明が解決しようとする課題]

この発明は、前記の従来例における問題点に鑑みてなされたものであって、従来は、合成が困難である、構成が複雑化する、あるいは比較的特殊な楽音であるから用いる可能性が少ない等の理由で、合成されなかった楽音を、簡略な構成で再現性良く合成することが可能な楽音合成装置を提供することを目的とする。

[課題を解決するための手段]

前記の目的を達成するため、この発明の楽音合成装置は、ダイナミカルシステム $x_{n+1} = f(x_n)$ (但し、 $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ )で発生する数列を波形データ列として出力する波形発生器を備えたことを特徴としている。

この波形発生器から出力される波形データ列は、楽音のエンベロープ波形として、楽音波形そのものとして、またはFM音源の演算パラメータとして用いられる。

特に、前記波形データ列を楽音波形そのものと

が約3.5のときの $f(x)$ を示す。 $x = 0.5$ で最大値 $a/4$ を示す放物線となる。グラフ上で $x_n$ の動きを追うには、 $x_{n-1}$ を下から $y$ 軸と平行に立ち上げた直線と $f(x)$ との交点を求め、その交点の $y$ 座標 $y = f(x)$ を、 $y$ 軸から斜めに引いた直線で示されるように、 $x$ 軸上に倒した点を新たな $x_{n-1}$ にするという作業を繰り返せば良い。初期値 $x_0$ から始め、最初の点から軌跡を追って行くと、 $x$ を求める作業の2回を周期として2回前の値の付近に戻って来るが、完全に同じ値には決して戻らない。すなわち、周期信号のように見えてランダムであり、かといって完全にノイズかというとも周期性のようなものがある。このような概周期信号をカオスとよぶ。この例のダイナミカルシステムでは $a$ の値が大きくなればなるほど周期が長くなり、一般的に2のべきになる。

第2図は、初期値を0.01にとり $a = 3.8$ とした時の $x_n$ を $n$ を横軸にしてプロットしたものである。こうして見ると、カオスを楽音信号そ

のものとして利用可能であることがわかる。

本発明者等は、音源に、カオスを発生する系を積極的に取り込むことにより、カオス的な楽音、例えばクラリネットが過剰な圧力で吹かれた時のような不安定な振幅の挙動を示す楽音や、振幅が不規則に揺らぐ楽音等を、簡略な構成で再現性良く合成できることを見出した。

前述のように、物理モデル音源の多くでは様々な制御パラメータを変化させるうちに楽音がカオス的な振舞いを示すことがある。また、本発明者の知見によると、フィードバックFM音源の発振もカオスである。

しかしながら、これらの物理モデル音源やFM音源のカオスは、発生が偶発的であったり、カオスの発生条件や発生するカオスの性質が限定されている等、必ずしもカオス的な所望の楽音が再現性良く得られるというものではなかった。

#### 【効果】

この発明によれば、音源に、カオスを発生する

は音波が反射することに対応している。非線形関数発生回路3は、リードの動きをシミュレートするものであるが、ここでは、カオス演算回路を用いている。

カオス演算回路3は、所定の演算式(ダイナミカルシステム)を演算する演算器であり、ここでは、演算式として前記(1)および(2)式で表わされる2次関数を、負の半分は正の半分の折返し偶関数として用いている。このように偶関数にすると、第2図で図示したようなカオスの数値が半周期ずつ正負に現われる。結果として比較的簡単な回路でクラリネットが過剰な圧力で吹かれた時のような不安定な振幅の挙動を示す楽音の波形データ列が得られる。

第3図Aの音源において、カオス演算回路3に与える係数 $a$ をFM音源におけるインデックスのように扱い、エンベロープジェネレータ(EG)や低周波発振器(LFO)等で振動させるようにすれば、時間的に変動する不安定さを出すことができる。また、このカオス演算回路3は、前述し

系を積極的に取り込んでいるため、様々な性質を有するカオスを、それぞれ再現性良く発生することができ、様々なカオスに応じた様々なカオス的振舞いをする楽音を再現性良く、しかも簡略な構成で合成することができる。

#### 【実施例】

以下、図面を用いてこの発明の実施例を説明する。

第3図Aは、この発明の一実施例に係る物理モデル音源の構成を示す。同図の音源は、クラリネットの物理モデル音源で、従来の同種の物理モデル音源における非線形関数発生回路としてこの発明の特徴とするカオス演算回路を用いたものである。

同図において、遅延回路1は、入力信号 $x$ を駆動クロックSPの周期だけ遅らせて出力するもので、クラリネットの管をシミュレートしており、その遅延時間は管の長さに対応している。乗算器2は管端をシミュレートしており、乗算係数 $-1$

たように、 $a$ を減らすと出力がカオスとしての不安定さをなくし、通常の矩形波発振器として振舞うようになる。

位相発生器4は、発生すべき楽音のピッチに対応する周波数指定情報 $\Delta F$ を所定のクロック $\phi$ の周期で累算し、累算値がオーバーフローする度に発生するキャリア出力をカオス更新パルスSPとして発生する。このような位相発生器4は、例えば、第3図Bに示すように、加算器31と遅延回路32とで構成することができる。遅延回路32は、加算器31の加算出力を周期 $\phi$ だけ遅延して加算器31の一方の入力端に帰還する。加算器31は他方の入力端に前記周波数指定情報 $\Delta F$ を供給されており、この周波数指定情報 $\Delta F$ を周期 $\phi$ で自身の加算出力と加算する。すなわち、加算値が所定の値を超える度にキャリア出力C<sub>0</sub>を発生する。このキャリア出力C<sub>0</sub>が前記カオス更新パルスSPとして出力される。

遅延回路1は、このカオス更新パルスSPを駆動クロックとして供給される。すなわち、遅延回

路1の入力信号 $f(x)$ は、このパルスSPの1周期だけ遅延して出力される。

遅延回路1の入力信号 $f(x)$ を遅延した信号は、乗算器2で正負反転され、新たな変数 $x$ としてカオス演算回路3に入力される。以上のループ演算がパルスSPが発生する度に実行される結果、パルスSPが発生する度にカオス数が1つつ出力される。演算の初期値 $x_0$ は、ここでは、遅延回路1に与えている。

第3図Aの音源において、前記遅延の段数を増やしたり、前記演算ループにフィルタを挿入するようにモディファイしてもよい。このようなフィルタとして、例えば管端の損失をシミュレートするためのローパスフィルタを用いてもよい。

第4図は、この発明の他の実施例を示す。この実施例においては、FM音源やAWM音源等の別の系で発生させた波形をAM変調するのにカオス数列を用いている。カオス数列(ダイナミカルシステム)の更新時間と元波形の基本ピッチは、一致させる、整数倍の関係にする、まったく関係な

い比にする等の中から選択すればよい。カオス数列を変調に用いる場合、カオス数列からなる信号は角ばっていてノイジーなため、ローパスフィルタ5をかけた方が良い結果を得られる。

第4図において、遅延回路1とカオス演算回路3は、ループ演算により、第5図にaで示すようなカオス数列を発生する。ローパスフィルタ5は、このカオス数列からなる波形を滑らかにしてノイジーさをなくするために用いられている。乗算器6は、ローパスフィルタ5のカオス波形出力に公知のエンベロープジェネレータ7で発生するエンベロープ波形を乗算して、エンベロープに揺らぎを与える。加算器8は、乗算器6のエンベロープ出力に定数を加算してエンベロープが負の値を取らないようにする。第5図のbは加算器8から出力されるエンベロープ付与波形を示す。

元波形発生器9は、元波形(第5図のcで示す。ここでは、簡単のため単純な矩形波にしている)を発生するためのもので、FM音源やAWM音源等公知の音源を用いることができる。乗算器

10は、第5図のbで示すエンベロープ付与波形と、第5図のcで示す元波形とを乗算して、元波形にエンベロープを付与する。これにより、第5図にdで示されるような、振幅への揺らぎ効果を付与された乗音波形出力が得られる。

第6図は、FM/PM音源にカオス数列を用いた例を示す。この例でもカオスによる非定常な揺らぎをピッチや波形に付加することができる。

同図において、カオス発生回路81および82は、第4図に示すような遅延回路1とカオス演算回路3とからなるダイナミカルシステムとローパスフィルタからなるものとする。FM音源を構成するオペレータ83、84は正弦波発生器と乗算器を含むものとする。また、ダイナミカルシステムの更新周期は第3図の音源と同様によりに位相発生器(PG)85、86により基本ピッチと関係づけられるのが良い。サンプリングパルス発生器87は、クロックφを発生するためのものである。

#### [実施例の変形例]

なお、この発明は上述の実施例に限定されることがなく、適宜変形して実施することができる。

例えば、カオスを発生する系は、式(1)(1)のように差分方程式で記述されるものの他にも様々なクラスがあるが、非線形偏微分方程式で記述されるようなクラスでもこの発明に適用可能である。この場合、アナログ回路でシミュレートすることになるが、これを微分方程式をデジタル(ソフトウェア)で解く様々な標準的手法を用いることにより本方式に適用することができる。最も簡単な方法としては、微分をオイラー差分で置き換える方法がある。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は、カオスの発生する様子を図形上で追ってみたグラフ。

第2図は、初期値を0.01にとり $a=3.6$ とした時のカオス数列 $x_n$ を $n$ を横軸にしてプロットしたグラフ。

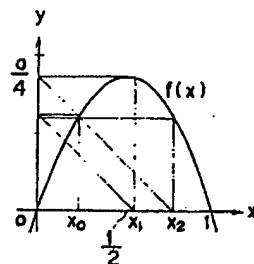
第3図Aは、この発明の一実施例に係る物理モデル音源の構成図、

第 3 図 B は、第 3 図 A における位相発生器の具体例を示すブロック図、

第 4 図は、この発明の他の実施例に係る楽音合成装置の構成図、

第5図は、この発明の他の実施例に係る楽音合成装置の構成図第4図の装置における各部の信号波形図、そして

第 6 図は、この発明のさらに他の実施例に係る FM / PM 音源の構成図である。

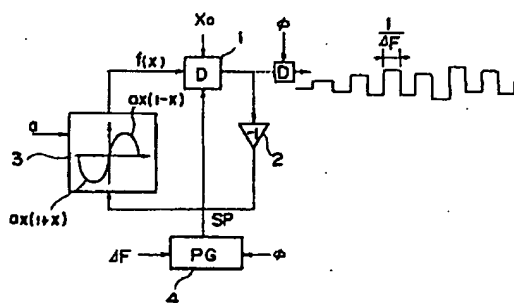


第 一 圖

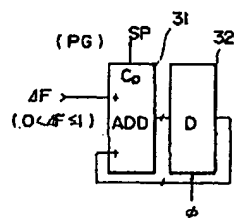
- 1 : 遅延回路
- 2 , 6 , 10 : 乗算器
- 3 : カオス演算回路
- 4 , 85 , 88 : 位相発生器
- 7 : エンベロープジェネレータ
- 9 : 元波形発生器
- 61 , 62 : カオス発生回路
- 83 , 84 : FMオペレータ



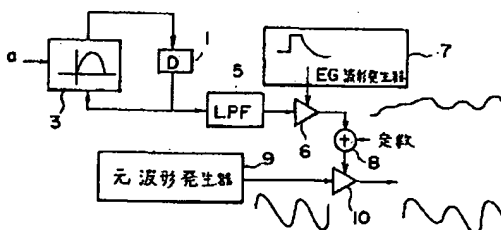
第 2 区



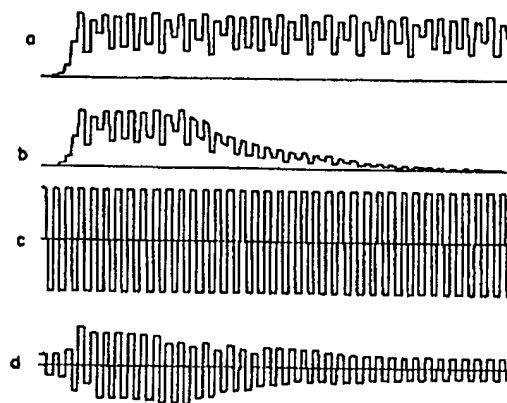
第 3 圖 A



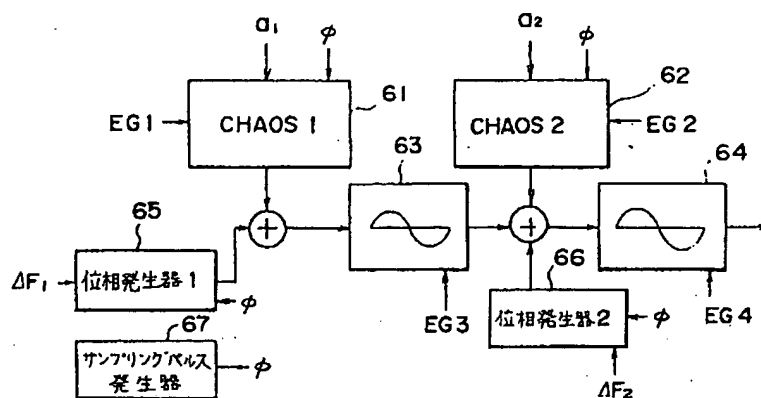
第 3 题 B



第 4 圖



第 5 図



第 6 図



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant:

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☒ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**